

"Procédé et dispositif de tatouage d'une marque dans une image"

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de tatouage d'une marque dans une image comprenant au moins trois composantes.

Elle concerne également un procédé et un dispositif de détection d'une signature insérée dans une image comprenant au moins trois composantes.

5 L'invention se situe dans le domaine du tatouage, ou Watermarking en terminologie anglo-saxonne, des images comprenant plusieurs composantes telles que par exemple les images en couleurs. Ces techniques de tatouage peuvent par exemple être utilisées pour la protection du droit d'auteur sur une image numérique.

10 La marque tatouée dans une image doit être entre autres robuste aux différentes manipulations de l'image. Ces manipulations sont par exemple la compression de celle-ci.

La marque tatouée dans une image doit aussi être imperceptible afin de préserver la qualité de l'image.

15 Dans la demande française déposée sous le numéro 0304592 par la présente demanderesse et non encore publiée sont décrits un procédé et un dispositif de tatouage d'une image en couleurs par approche vectorielle en tenant compte de la dimension couleur de cette dernière.

Selon cette demande, le tatouage d'une marque dans l'image est effectué selon une règle d'insertion prenant en compte la position relative de trois vecteurs de composantes.

5 Selon cette technique, le tatouage de la marque est effectué selon une force de marquage pouvant être adaptée en fonction des caractéristiques colorimétriques ou de texture de l'image.

10 Les inventeurs de la présente invention ont remarqué que le tatouage tel que présenté dans cette demande peut, dans certains cas, être visible lorsque l'on désire augmenter la robustesse de la marque. Dans le cas contraire, le tatouage de la marque est peu robuste lorsque l'on désire rendre le tatouage invisible.

L'invention a pour but de résoudre les inconvénients de l'art antérieur en proposant un procédé et un dispositif permettant le tatouage d'une marque dans une image qui soit à la fois invisible et plus robuste que l'état de la technique.

15 A cette fin, selon un premier aspect, l'invention propose un procédé de tatouage d'une marque composée d'une pluralité d'informations binaires dans une image comprenant au moins trois composantes, caractérisé en ce que le procédé comporte les étapes de :

20 - décomposition d'au moins une composante de l'image en sous-bandes de détails selon différentes directions et comprenant des coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude,

25 - détermination, pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à partir des amplitudes des coefficients à la position dans les différentes sous-bandes de détails et des coefficients proches de la position dans les différentes sous-bandes de détails,

- détermination d'une force de marquage à chaque position à partir des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions déterminées pour la position,

30 - formation, pour chaque position et pour chaque composante, d'un vecteur dont les coordonnées sont les amplitudes des coefficients à la position dans les différentes sous bandes de détails de la composante,

- sélection, pour chaque position, d'un vecteur parmi les vecteurs formés pour la position,

- tatouage de la marque dans l'image en modifiant, pour chaque position, l'amplitude des coefficients qui sont les coordonnées du vecteur sélectionné pour la position en fonction de l'information binaire correspondant à la position et selon la force de marquage déterminée pour la position.

5       Corrélativement, l'invention concerne un dispositif de tatouage d'une marque composée d'une pluralité d'informations binaires dans une image comprenant au moins trois composantes, caractérisé en ce que le dispositif comporte :

- des moyens de décomposition d'au moins une composante de l'image en sous bandes de détails selon différentes directions et comprenant des coefficients, chaque  
10 coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude,

- des moyens de détermination, pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à partir des amplitudes des coefficients à la position dans les différentes sous-bandes de  
15 détails et des coefficients proches de la position dans les différentes sous-bandes de détails,

- des moyens de détermination d'une force de marquage à chaque position à partir des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions déterminées pour la position,

20       - des moyens de formation, pour chaque position et pour chaque composante, d'un vecteur dont les coordonnées sont les amplitudes des coefficients à la position dans les différentes sous bandes de détails de la composante,

- des moyens de sélection, pour chaque position, d'un vecteur parmi les vecteurs formés pour la position,

25       - des moyens de tatouage de la marque dans l'image en modifiant, pour chaque position, l'amplitude des coefficients qui sont les coordonnées du vecteur sélectionné pour la position en fonction de l'information binaire correspondant à la position et selon la force de marquage déterminée pour la position.

30       Ainsi, en déterminant des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à chaque position dans les sous-bandes de détails et en déterminant une force de marquage à chaque position à partir des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon les différentes directions déterminées, il est possible d'insérer des informations binaires

de manière optimale et ainsi d'obtenir un tatouage d'une marque dans une image à la fois robuste et invisible.

En effet, en déterminant des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions, il est possible d'ajuster le marquage pour toutes variations d'amplitudes et cela même pour les variations d'amplitudes locales selon les directions diagonales.

L'énergie associée à ces directions diagonales étant plus faible que les directions horizontales et verticales, la présente invention prend néanmoins en compte les variations d'amplitudes dans ces directions pour la détermination de la force de marquage à ces positions. Une telle détermination permet ainsi d'ajuster la force de marquage selon chaque direction des variations d'amplitudes.

Plus le nombre d'informations insérées dans l'image est important, plus le tatouage de la marque est robuste et plus la force de marquage est adaptée aux particularités locales de l'image, moins la marque insérée est visible.

Selon un autre aspect de l'invention, chaque composante de l'image est décomposée en sous-bandes de détails selon différentes directions, les informations représentatives de variations d'amplitudes sont déterminées pour chaque composante et pour chaque position, la force de marquage est déterminée à chaque position de chaque composante.

Selon un autre aspect de l'invention, la détermination des informations représentatives de variations d'amplitudes locales pour chaque composante et pour chaque position se décompose en une mise au carré de l'amplitude de chaque coefficient de chaque sous-bande de détails de chaque composante et le calcul d'une valeur médiane, à partir des amplitudes mises au carré du coefficient et des coefficients proches du coefficient, pour chaque coefficient de chaque sous bande de détails de chaque composante.

Ainsi, en élevant au carré les amplitudes des coefficients, on introduit une notion d'énergie aux coefficients de la sous-bande. Ils peuvent alors être considérés comme des indicateurs de l'évolution de l'énergie dans l'image.

De plus, en calculant pour chaque coefficient sa valeur médiane, les zones de des sous-bandes comprenant de fortes variations d'amplitudes sont mises en évidence tout en évitant des éventuelles détections de ruptures de contours.

Selon un autre aspect de l'invention, la détermination de la force de marquage à chaque position de chaque composante est effectuée en formant un vecteur dont les

coordonnées sont les valeurs médianes calculées dans chaque sous-bande de détails, en groupant les vecteurs dont les coordonnées sont similaires dans des classes prédéterminées et en affectant une force de marquage à chaque position en fonction de la classe prédéterminée à laquelle appartient le vecteur de la position.

- 5 Selon un autre aspect de l'invention, les classes prédéterminées sont la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones ne comportant pas de variations et/ou la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement horizontales, et/ou la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement
- 10 verticales et/ou la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement diagonales, et/ou la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image très fortement texturées et sans direction privilégiée.

- 15 Ainsi, en utilisant un nombre important de classes, il est possible de déterminer précisément les variations d'amplitudes locales et ainsi d'adapter en conséquence la force de marquage.

Selon un autre aspect de l'invention, la force de marquage est en outre affectée en fonction de la composante de l'image et la décomposition est une décomposition en ondelettes de Haar.

- 20 Ainsi, il est possible d'ajuster la marque en prenant en compte les propriétés du système visuel humain. De plus, l'ondelette de Haar est particulièrement bien adaptée pour la détection de texture car elle ne fait pas apparaître d'effets de bord sur l'image tout en étant simple dans son implémentation.

- 25 Selon un autre aspect de l'invention, lors du tatouage de la marque, chaque composante de l'image est décomposée, selon une autre décomposition en sous bandes, en sous bandes comprenant des coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous bande à laquelle il appartient et son amplitude et en ce que le procédé comporte en outre une étape de reconstruction de l'image à partir des coefficients des sous bandes et des coefficients dont les amplitudes ont été
- 30 modifiées.

L'invention concerne aussi un procédé de détection d'une signature insérée dans une image comprenant au moins trois composantes, caractérisé en ce que le procédé comporte les étapes de décomposition d'au moins une composante de l'image en sous-bandes de détails selon différentes directions et comprenant des coefficients, chaque

coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude ; de détermination, pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à partir des amplitudes des coefficients à cette position dans les différentes sous-bandes de  
 5 détails et des coefficients proches de cette position dans les différentes sous-bandes de détails et de détection de la signature à partir d'au moins une partie d'informations binaires insérées en une pluralité de positions de l'image et des informations représentatives des variations d'amplitudes locales selon différentes directions correspondantes aux positions des informations binaires.

10 Corrélativement, l'invention propose un dispositif de détection d'une signature insérée dans une image comprenant au moins trois composantes, caractérisé en ce que le dispositif comporte des moyens de décomposition d'au moins une composante de l'image en sous-bandes de détails selon différentes directions et comprenant des  
 15 coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude ; des moyens de détermination, pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à partir des amplitudes des coefficients à cette position dans les différentes sous-bandes de détails et des coefficients proches de cette position dans les différentes sous-bandes de détails et des moyens de détection de la signature à  
 20 partir d'au moins une partie d'informations binaires insérées en une pluralité de positions de l'image et des informations représentatives des variations d'amplitudes locales selon différentes directions correspondantes aux positions des informations binaires.

Ainsi, en prenant en compte des informations représentatives des variations  
 25 d'amplitudes locales selon différentes directions correspondantes aux positions des informations binaires, il est possible de déterminer, parmi les informations binaires comprises dans l'image, lesquelles sont susceptibles d'être les plus fiables.

Selon un autre aspect de l'invention, les informations binaires utilisées pour la  
 30 détection sont les informations binaires comprises à des positions de l'image pour lesquelles les informations représentatives des variations d'amplitudes locales selon différentes directions correspondent à des informations représentatives des variations d'amplitudes locales prédéterminées.

Selon un autre aspect de l'invention, des pondérations sont affectées à au moins une partie des informations binaires, les pondérations étant affectées en fonction des

informations représentatives des variations d'amplitudes aux positions correspondantes aux positions des informations binaires.

L'invention concerne aussi le programme d'ordinateur stocké sur un support d'informations, ledit programme comportant des instructions permettant de mettre en œuvre les procédés de tatouage et/ou de détection d'une signature précédemment décrits, lorsqu'ils sont chargés et exécutés par un système informatique.

L'invention concerne aussi un support d'information comportant au moins une image tatouée selon le procédé de tatouage selon la présente invention.

Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints, parmi lesquels:

la Fig. 1 représente un schéma bloc d'un dispositif de tatouage d'une marque dans une image et/ou de détection d'une signature insérée dans une image en couleurs;

la Fig. 2 représente un algorithme de détermination, pour une pluralité de positions de l'image, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions ;

la Fig. 3 représente l'algorithme de tatouage d'une marque dans une image en couleurs ;

la Fig. 4 représente un algorithme détaillé de l'étape d'insertion d'une information binaire à une position du niveau de résolution le plus bas de l'image à tatouer ;

la Fig. 5 est un exemple de marque créé par redondance d'une signature générée par une clé de manière pseudo aléatoire ;

la Fig. 6 représente un tableau comprenant différentes forces de marquage utilisées par la présente invention en fonction des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions ;

la Fig. 7 représente l'algorithme de détection d'une signature insérée dans une image selon l'algorithme de tatouage selon la présente invention.

La Fig. 1 représente un schéma bloc d'un dispositif de tatouage d'une marque dans une image en couleurs et/ou de détection d'une signature insérée dans une image en couleurs.

Le dispositif de tatouage 10 d'une marque dans une image en couleurs et/ou de détection d'une signature insérée dans une image en couleurs selon la présente invention est par exemple un ordinateur. Le dispositif de tatouage 10 peut aussi être intégré dans un combiné téléphonique mobile comprenant des moyens de capture  
5 d'images.

Le dispositif de tatouage 10 comporte un bus de communication 101 auquel sont reliés un processeur 100, une mémoire morte ROM 102, une mémoire vive RAM 103, un écran 104 et un clavier 105 servant d'interface homme machine, un disque dur 108, un lecteur enregistreur 109 d'informations sur un support amovible  
10 tel qu'un disque compact et une interface 106 permettant de transférer des images tatouées selon la présente invention sur un réseau de télécommunication 150 et/ou de recevoir des images en couleurs pour détecter si une marque a été insérée dans ces images.

La mémoire morte ROM 102 mémorise les programmes mettant en œuvre  
15 l'invention. Lors de la mise sous tension du dispositif de tatouage 10, les programmes selon la présente invention sont transférés dans la mémoire vive 103 qui contient alors le code exécutable des algorithmes qui seront décrits ultérieurement en référence aux Figs. 2, 3, 4 et 7. La mémoire morte ROM 102 comporte aussi un tableau qui sera décrit ultérieurement en référence à la Fig. 6.

20 Le processeur 100 exécute les instructions mémorisées dans la mémoire vive 103 conformément à la présente invention.

Le dispositif de tatouage 10 comporte un écran 104 et un clavier 105 permettant de sélectionner des images à tatouer selon la présente invention ou de modifier par exemple le nombre de classes utilisées par la présente invention pour déterminer les  
25 variations d'amplitudes locales selon différentes directions autour d'une position de l'image ou de modifier les valeurs des forces de marquage comprises dans le tableau de la Fig. 6.

La Fig. 2 représente un algorithme de détermination, pour une pluralité de positions de l'image, d'informations représentatives de variations d'amplitudes  
30 locales selon différentes directions.

Le processeur 100 du dispositif 10 de tatouage d'une marque et/ou de détection d'une signature lit, à partir de la mémoire morte ROM 102, les instructions du programme correspondant aux étapes E200 à E214 de la Fig. 2 et les charge en mémoire vive 103 pour les exécuter.



L'image à tatouer est une image en couleurs constituée de pixels et comporte plusieurs composantes. Ces composantes sont par exemple des composantes chromatiques telles que par exemple les composantes Rouge, Verte et Bleu. D'autres composantes chromatiques telles que le jaune, le cyan et le Magenta peuvent aussi être  
5 utilisées.

L'image peut aussi être représentée sous la forme d'une composante de luminance et de deux composantes chromatiques.

A l'étape E200, le processeur 100 prend une première composante de l'image en couleurs à traiter et effectue à l'étape E201 une transformation de cette composante de  
10 l'image. Cette transformation est une décomposition en ondelettes ou Discret Wavelet Transform en terminologie anglo-saxonne.

La décomposition en ondelettes est préférentiellement une décomposition en ondelettes de Haar. En effet, l'ondelette de Haar est particulièrement bien adaptée pour la détermination d'informations représentatives de variations d'amplitudes  
15 locales d'une image car elle ne fait pas apparaître d'effets de bord sur l'image tout en étant simple dans son implémentation.

La décomposition d'une image, plus précisément d'une composante de l'image est effectuée en appliquant à l'image deux filtres numériques respectivement passe-bas et passe-haut qui filtrent le signal selon une première direction, par exemple  
20 horizontale.

Après filtrage, les deux images filtrées sont décimées par deux. Chaque image décimée est respectivement appliquée à un filtre passe bas et un passe haut qui les filtrent selon une seconde direction, par exemple verticale. Chaque signal filtré résultant est ensuite décimé par deux pour former quatre sous-bandes de résolution.

25 Une sous-bande comporte les coefficients de basse fréquence selon les deux directions du signal d'image. Cette sous-bande est classiquement appelée sous-bande basse de premier niveau de décomposition.

Les trois autres sous-bandes dites de détails comportent les coefficients ondelettes hautes fréquences selon les directions respectives horizontales, verticales et  
30 diagonales.

Chacune de ces sous-bandes de détails, construite à partir de l'image d'origine, contient de l'information correspondant à une orientation respectivement verticale, horizontale et diagonale de l'image, dans une bande de fréquence donnée.

La décomposition effectuée est telle qu'une sous-bande d'une résolution donnée est répartie en quatre sous-bandes de résolution inférieure et a donc quatre fois plus de coefficients que chacune des sous-bandes de résolution immédiatement inférieure.

5 A quatre coefficients à une position  $(2x, 2y)$  d'une sous-bande de résolution donnée correspond un coefficient dans chaque sous-bande de résolution inférieure obtenue à une position  $(x, y)$ .

10 Ainsi, à un coefficient situé à une position  $(x, y)$  donnée dans une sous-bande, correspondent des coefficients à la même position  $(x, y)$  dans les autres sous-bandes respectives du même niveau de décomposition. A ces coefficients situés à une position  $(x, y)$  donnée correspondent quatre autres coefficients à une position  $(2x, 2y)$  dans la sous-bande basse fréquence de niveau de décomposition supérieur.

Ainsi, à une position d'une sous-bande correspond une position dans l'image originale sous forme de pixel et/ou correspond une position dans une sous-bande d'un niveau de décomposition différent.

15 Lorsque l'image est décomposée en deux niveaux de décomposition, la sous-bande basse du premier niveau de décomposition est décomposée une nouvelle fois selon la même décomposition que celle décrite précédemment pour former une sous-bande basse de second niveau de décomposition et trois sous-bandes de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon les directions  
20 respectives horizontales, verticales et diagonales.

A chaque nouvelle décomposition, la sous-bande basse du niveau de décomposition le plus bas est utilisée pour former une nouvelle sous-bande basse de niveau de décomposition inférieur et trois sous-bandes de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon les directions respectives horizontales,  
25 verticales et diagonales.

Selon un mode préféré de la présente invention, la décomposition est effectuée sur quatre niveaux de décomposition pour obtenir quatre sous-bandes de quatrième niveau de décomposition. Pour chaque sous-bande de détails du quatrième niveau de décomposition, on mémorise les coefficients ondelettes hautes fréquences selon les  
30 directions respectives horizontales, verticales et diagonales.

La décomposition effectuée, le processeur 100 considère à l'étape E202 une première sous-bande de détails selon une direction précédemment obtenue.

A l'étape suivante E203, le processeur 100 élève au carré l'amplitude de chaque coefficient de la sous-bande considérée.

Ceci permet d'introduire une notion d'énergie aux coefficients de la sous-bande. Ils peuvent alors être considérés comme des indicateurs de l'évolution de l'énergie dans l'image.

5 A l'étape suivante E204, le processeur 100 détermine une valeur médiane pour chaque coefficient de la sous-bande considérée dont l'amplitude a été précédemment élevée au carré.

10 Cette valeur médiane est par exemple calculée sur un support de taille trois par trois, c'est-à-dire que la valeur médiane est déterminée à partir des amplitudes des coefficients voisins du coefficient pour lequel la détermination est effectuée. Ce calcul de médiane a pour effet de mettre en évidence les zones de la sous-bande de détails selon une direction qui comportent de fortes variations, c'est-à-dire des zones texturées.

Cette opération effectuée, le processeur 100 passe à l'étape suivante E205 et vérifie si toutes les sous-bandes de détails ont été traitées.

15 Dans la négative, le processeur 100 passe à l'étape E206 et réitère la boucle constituée des étapes E203 à E206 jusqu'à ce que les trois sous-bandes de détails soient traitées.

20 Lorsque les trois sous-bandes de détails comprenant les coefficients ondelettes hautes fréquences selon les directions respectives horizontales, verticales et diagonales ont été traitées, le processeur 100 passe à l'étape suivante E207.

A l'étape E207, le processeur 100 forme, pour chaque position (x,y) des sous-bandes de détails du quatrième niveau de décomposition, un vecteur de dimension trois représentatif de l'intensité des fluctuations locales.

25 A chaque position (x,y), le vecteur formé a comme coordonnées la valeur médiane déterminée précédemment à la position (x,y) pour la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon la direction horizontale, la valeur médiane déterminée précédemment à la position (x,y) pour la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon la direction verticale et la valeur médiane déterminée précédemment à la position (x,y)  
30 pour la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon la direction diagonale.

Les vecteurs formés, le processeur 100 définit à l'étape E208 les classes selon lesquelles les vecteurs formés à l'étape précédente vont être classés.

Par exemple, cinq classes sont définies.

La classe notée classe 1 regroupe les vecteurs représentatifs de zones ne comportant pas de variations, c'est-à-dire les vecteurs dont les coordonnées sont de faible valeur.

5 La classe 2 regroupe les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement horizontales, c'est-à-dire les vecteurs dont la coordonnée valeur médiane calculée dans la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon la direction horizontale a une valeur importante tandis que les valeurs médianes calculées dans les autres sous-bandes de détails sont de faible valeur.

10 La classe 3 regroupe les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement verticales, c'est-à-dire les vecteurs dont la coordonnée valeur médiane calculée dans la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon la direction verticale a une valeur importante, tandis que les valeurs médianes calculées dans les autres sous-bandes de détails sont de faible valeur.

15 La classe 4 regroupe les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement diagonales, c'est-à-dire les vecteurs dont la coordonnée valeur médiane calculée dans la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon la direction diagonale a une valeur importante tandis que les valeurs médianes calculées dans les autres sous-bandes de détails sont de faible valeur.

La classe 5 regroupe les vecteurs représentatifs de zones de l'image très fortement texturées et sans direction privilégiée, c'est-à-dire les vecteurs qui ont chacune de leur coordonnées à une valeur importante.

25 Il est à remarquer ici que le nombre de classes peut être réduit. En particulier, les classes 2, 3 et 4 peuvent en variante être groupées en une unique classe.

En variante, le nombre de classes peut aussi être augmenté. D'autres classes regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations selon deux directions peuvent aussi être formées.

30 L'utilisation de cinq classes est préférée selon la présente invention et permet une détection précise des textures comprises dans l'image à traiter. Même les textures dont la direction est majoritairement diagonale pourront être détectées, bien que classiquement, l'énergie associée à ces diagonales est plus faible de celles associées aux autres directions.

L'étape E208 effectuée, le processeur 100 va ensuite aux étapes E209 à E212 classer des zones de l'image à traiter, c'est-à-dire grouper les vecteurs dans des zones à partir des classes précédemment définies.

5 Le processeur 100 va ainsi grouper les vecteurs dont les coordonnées sont similaires dans les cinq classes prédéterminées.

La méthode utilisée est par exemple la méthode des nuées dynamiques.

Bien entendu, d'autres méthodes peuvent aussi être utilisées.

Pour cela, le processeur 100 détermine à l'étape E209 un centre initial pour chacune des classes 1 à 5.

10 Pour la classe 1, le processeur 100 prend le vecteur nul noté  $g_0$  comme centre initial.

Pour la classe 2, le processeur 100 forme un centre initial  $g_1$  dont les coordonnées sont (MaximumH, 0, 0) où Maximum H est la valeur médiane maximale pour la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes  
15 fréquences selon la direction horizontale.

Pour la classe 3, le processeur 100 forme un centre initial  $g_2$  dont les coordonnées sont (0, MaximumV, 0) où MaximumV est la valeur médiane maximale pour la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes  
fréquences selon la direction verticale.

20 Pour la classe 4, le processeur 100 forme un centre initial  $g_3$  dont les coordonnées sont (0, 0, MaximumD) où MaximumD est la valeur médiane maximale pour la sous-bande de détails comportant des coefficients ondelettes hautes fréquences selon la direction diagonale.

Pour la classe 5, le processeur 100 forme un centre initial  $g_4$  dont les  
25 coordonnées sont (MaximumH, MaximumV, MaximumD).

Les centres initiaux définis, le processeur 100 passe à l'étape suivante E210.

A cette étape, le processeur 100 construit une partition de l'image en zones en affectant chaque vecteur formé à l'étape E207 à la classe dont il est le plus proche du centre initial.

30 A l'étape suivante E211, le processeur 100 détermine un nouveau centre initial représentatif de chaque zone à partir des vecteurs qui ont été affectés respectivement à chaque zone.

Cette opération effectuée, le processeur 100 détermine si la qualité de la répartition est améliorée ou non.

Dans l'affirmative, le processeur 100 retourne à l'étape E210 et réitère les étapes E210 à E212 tant que la qualité de la répartition est améliorée.

Lorsque la qualité de la répartition n'est plus améliorée, le processeur 100 passe à l'étape E213.

- 5       A l'étape E213, le processeur 100 vérifie si toutes les composantes de l'image ont été traitées.

Dans la négative, le processeur 100 passe à l'étape E214, prend une autre composante et retourne à l'étape E201 traiter la nouvelle composante de l'image en couleurs.

- 10       Lorsque toutes les composantes ont été traitées, à chaque position (x,y) de chaque sous-bande de détails de chaque composante est associée une classe.

Cette classe correspond à une détermination locale de la texture de l'image à une position (x,y).

- 15       Il est à remarquer ici que la segmentation telle qu'effectuée par l'algorithme de la Fig. 2 vise à terminer les zones de l'image présentant des textures et cela quelle que soit la direction principale des textures comprises dans l'image.

Il est à remarquer ici qu'en variante, une seule composante peut être traitée. Par exemple, lorsque l'image est formée d'une composante luminance et de composantes chromatiques, le présent algorithme n'est effectué que sur la composante luminance.

- 20       Ainsi, le processeur 100 du dispositif de tatouage a déterminé pour chaque position des sous-bandes de détails du plus bas niveau de résolution des informations représentatives des variations des amplitudes locales selon différentes directions des coefficients des sous-bandes de détails à partir des amplitudes des coefficients respectivement à cette position et des amplitudes des coefficients proches de cette position.

Le processeur 100 a aussi déterminé à partir du niveau de résolution le plus bas différentes zones de textures.

- 30       A partir de ces zones de textures déterminées, il est alors possible de déterminer pour les sous-bandes de détails de niveau de résolution supérieur et pour l'image originale et pour chaque position de l'image des informations représentatives des variations des amplitudes locales selon différentes directions.

Ainsi, le présent algorithme définit pour chaque position d'une image ou d'une sous-bande de décomposition les variations des amplitudes locales de l'image ou

d'une sous-bande. Le présent algorithme permet aussi d'affecter une classe à chaque position d'une image ou d'une sous-bande de décomposition.

La Fig. 3 représente l'algorithme de tatouage d'une marque dans une image en couleurs.

5        Le processeur 100 du dispositif 10 de tatouage d'une marque dans une image en couleurs lit, à partir de la mémoire morte ROM 102, les instructions du programme correspondant aux étapes E300 à E313 de la Fig. 3 et les charge en mémoire vive 103 pour les exécuter.

10       L'image à tatouer est une image en couleurs constituée de pixels et comporte plusieurs composantes chromatiques, par exemple les composantes Rouge, Verte et Bleu. L'image peut aussi être représentée sous la forme d'une composante de luminance et de deux composantes chromatiques.

15       A l'étape E300, le processeur 100 prend une première composante de l'image en couleurs à traiter et effectue, à l'étape E301, une transformation de cette composante de l'image. Cette transformation est une décomposition en ondelettes.

20       La décomposition en ondelettes est préférentiellement une décomposition en ondelettes de Daubechies. En effet, les ondelettes de Daubechies utilisent des filtres portant sur un plus grand nombre d'échantillons que les filtres utilisés pour une décomposition en ondelettes de Haar. Ils offrent ainsi de meilleurs résultats pour la décomposition des images en sous-bandes.

Par exemple, la décomposition en ondelettes est effectuée sur quatre niveaux de décomposition.

25       Il est à remarquer ici que le nombre de niveaux de décomposition choisi pour le tatouage d'une marque dans l'image peut aussi être différent du nombre de niveau de décomposition choisi pour l'algorithme de détermination d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions précédemment décrites en référence à la Fig. 2.

30       Lorsque la décomposition en ondelettes est effectuée, le processeur 100 passe à l'étape suivante E302 et vérifie si toutes les composantes de l'image en couleurs ont été décomposées en ondelettes.

Dans la négative, le processeur 100 passe à l'étape E303, considère la composante suivante et retourne à l'étape E301 décomposer une nouvelle composante de l'image en couleurs de la même manière que celle précédemment décrite.

Le processeur 100 réitère la boucle constituée des étapes E301 à E302 tant que toutes les composantes de l'image n'ont pas été décomposées.

Lorsque toutes les composantes de l'image en couleurs ont été traitées, le processeur 100 passe à l'étape E304.

- 5        A cette étape, le processeur 100 prend, pour chaque composante de l'image à traiter, le premier coefficient correspondant de chaque sous-bande de détails du dernier niveau de décomposition. Ces premiers coefficients correspondent à la première position (x,y) traitée.

- 10       A l'étape suivante E305, le processeur 100 forme, pour la position (x,y) des sous-bandes de détails du dernier niveau de décomposition, des vecteurs de dimension trois dont les coordonnées sont les valeurs des coefficients ondelettes hautes fréquences des sous-bandes de détails pour chaque composante de l'image.

Ainsi, pour une position (x,y) un vecteur est déterminé pour chaque composante de l'image en couleur à traiter.

- 15       Par exemple, lorsque l'image en couleurs est sous la forme de trois composantes Rouge Vert et bleu, les vecteurs sont de la forme :

$$V_i(x,y)=(\text{CoeffH}_{4i}(x,y), \text{CoeffV}_{4i}(x,y), \text{CoeffD}_{4i}(x,y))$$

- 20       où i représente la composante rouge, verte ou bleu

CoeffH<sub>4i</sub>(x,y) représente le coefficient de la quatrième sous-bande de détails selon la direction horizontale, CoeffV<sub>4i</sub>(x,y) représente le coefficient de la quatrième sous-bande de détails selon la direction verticale et CoeffD<sub>4i</sub>(x,y) représente le coefficient de la quatrième sous-bande de détails selon la direction diagonale.

- 25       Les vecteurs formés, le processeur 100 passe à l'étape E306 et calcule pour la position (x,y) courante à distance euclidienne entre chacun des trois vecteurs pris deux à deux :

$$\begin{aligned} D_{RB}(x,y) &= |V_R(x,y) - V_B(x,y)| \\ 30 \quad D_{RG}(x,y) &= |V_R(x,y) - V_G(x,y)| \\ D_{BG}(x,y) &= |V_B(x,y) - V_G(x,y)| \end{aligned}$$



Cette opération effectuée, le processeur 100 passe à l'étape E307 et détermine pour la position (x,y) courante la plus grande des distances  $D_{RB}(x,y)$ ,  $D_{RG}(x,y)$  et  $D_{BG}(x,y)$  calculées précédemment à l'étape E306.

5 Aux étapes suivantes E308 et E309, le processeur 100 détermine pour la position (x,y) courante, les vecteurs servant de référence pour le marquage du vecteur à marquer ainsi que le vecteur parmi les trois vecteurs  $V_R(x,y)$ ,  $V_G(x,y)$   $V_B(x,y)$  qui va être utilisé pour le marquage ou le tatouage.

Si  $D_{RB}(x,y) > D_{RG}(x,y)$  et  $D_{RB}(x,y) > D_{BG}(x,y)$ , le vecteur  $V_G(x,y)$  est choisi ou sélectionné comme vecteur VM comportant la marque et les vecteurs  $V_R(x,y)$  et  $V_B(x,y)$  sont considérés comme vecteurs de référence notés respectivement Vref1 et Vref2.

Si  $D_{RG}(x,y) > D_{RB}(x,y)$  et  $D_{RG}(x,y) > D_{BG}(x,y)$ , le vecteur  $V_B(x,y)$  est choisi ou sélectionné comme vecteur VM comportant la marque et les vecteurs  $V_R(x,y)$  et  $V_G(x,y)$  sont considérés comme vecteurs de référence notés respectivement Vref1 et Vref2.

Si  $D_{BG}(x,y) > D_{RB}(x,y)$  et  $D_{BG}(x,y) > D_{RG}(x,y)$ , le vecteur  $V_R(x,y)$  est choisi ou sélectionné comme vecteur VM comportant la marque et les vecteurs  $V_B(x,y)$  et  $V_G(x,y)$  sont considérés comme vecteurs de référence notés respectivement Vref1 et Vref2.

20 Ces opérations effectuées, le processeur 100 passe à l'étape suivante E310 et insère une information binaire à la position courante (x,y) sur le vecteur VM précédemment déterminé comme devant comporter l'information binaire. Cette étape d'insertion d'une information binaire sur le vecteur VM correspondant à une position sera explicitée plus en détail en regard de la Fig. 4.

25 Cette opération effectuée, le processeur passe à l'étape E311 et vérifie si la position courante est la dernière des positions à traiter.

Dans la négative, le processeur 100 prend à l'étape E312, pour chaque composante de l'image à traiter, le coefficient à la position suivante correspondante de chaque sous-bande de détails du dernier niveau de décomposition.

30 Tant que tous les coefficients des sous-bandes de détails n'ont pas été traités, le processeur 100 réitère la boucle constituée des étapes E305 à E312.

Lorsque tous les coefficients des sous-bandes de détails ont été traités, le processeur 100 passe à l'étape E313 et reconstruit l'image en prenant en compte les coefficients marqués par l'insertion de la marque.

Cette opération effectuée, l'algorithme s'arrête et reprend à l'étape E300 lorsqu'une nouvelle marque doit être tatouée dans une nouvelle image.

La Fig. 4 représente un algorithme détaillé de l'étape E310 de la Fig. 3 d'insertion d'une information binaire à une position du niveau de résolution le plus  
5 bas de l'image à tatouer.

L'algorithme de la Fig. 4 décrit la modification des coordonnées du vecteur VM déterminé à l'étape E309 de la Fig. 3 comme comportant une information binaire pour une position des sous-bandes de détails.

A l'étape E400, le processeur 100 détermine l'information binaire à insérer à la  
10 position courante en cours de traitement.

A chaque position des sous-bandes de détails correspond une information binaire à insérer.

On génère par l'intermédiaire d'une clé une signature pseudo aléatoire S.

Cette signature S notée 50 en Fig. 5 est constituée d'une série d'informations  
15 binaires d'une taille  $N*N$ .

Cette signature peut aussi être représentative du nom de l'auteur, du nom du propriétaire de l'image, du contenu de l'image ou de tout type d'informations.

Les informations binaires sont représentées en Fig. 5 par des carrés noirs ou blancs. Les carrés noirs des signatures représentent une information binaire à la  
20 valeur binaire un tandis que les carrés blancs représentent une information binaire à la valeur binaire zéro.

La signature S comporte un nombre limité d'information par rapport au nombre de positions dans les sous-bandes de détails. La signature S est dupliquée de manière à ce que à chaque position de sous-bande de résolution la plus basse, ou à chaque  
25 vecteur VM soit associée une information binaire à insérer.

En effet, plus cette signature sera insérée de manière redondante un nombre de fois important dans les sous-bandes de détails, plus la robustesse du marquage sera grande.

La duplication peut être effectuée bit à bit comme la redondance notée 51 de la  
30 Fig. 5 ou signature par signature comme cela est illustré en 52 de la fig. 5.

Le nombre de répétitions de la signature 40 est déterminé par le rapport entre la taille de la sous-bande de décomposition du niveau le plus bas et la taille de la signature.

Ainsi, pour chaque position des sous-bandes de détails correspond une valeur binaire à insérer.

Le processeur détermine donc à cette étape l'information binaire zéro ou un correspondante qui doit être insérée à cette position.

5 Cette opération effectuée, le processeur 100 détermine à l'étape E401, parmi les deux vecteurs de référence  $V_{ref1}$  et  $V_{ref2}$ , le vecteur de référence de marquage noté  $V_{refm}$  utilisé pour la modification du vecteur VM déterminé à l'étape E309 de la Fig. 3 comme comportant la marque pour une position des sous-bandes de détails.

10 En effet, le marquage selon la présente invention est effectué en modifiant le vecteur VM de manière à le rapprocher du vecteur de référence  $V_{ref1}$  ou  $V_{ref2}$  selon la valeur de l'information binaire à insérer et selon certaines conventions prédéfinies.

Plus précisément, le vecteur VM est modifié d'une façon telle que la distance du vecteur de référence de marquage  $V_{refm}$  soit inférieure à la distance de l'autre vecteur de référence.

15 Par exemple, la convention suivante peut être prise :

Si VM est le vecteur  $V_R(x,y)$  et la valeur de l'information binaire à insérer est à zéro, le vecteur VM doit être rapproché du vecteur  $V_G(x,y)$ . Le vecteur  $V_{refm}$  est alors le vecteur  $V_G(x,y)$ .

20 Si VM est le vecteur  $V_R(x,y)$  et la valeur de l'information binaire à insérer est à un, le vecteur VM doit être rapproché du vecteur  $V_B(x,y)$ . Le vecteur  $V_{refm}$  est alors le vecteur  $V_B(x,y)$ .

Si VM est le vecteur  $V_G(x,y)$  et la valeur de l'information binaire à insérer est à zéro, le vecteur VM doit être rapproché du vecteur  $V_R(x,y)$ . Le vecteur  $V_{refm}$  est alors le vecteur  $V_R(x,y)$ .

25 Si VM est le vecteur  $V_G(x,y)$  et la valeur de l'information binaire à insérer est à un, le vecteur VM doit être rapproché du vecteur  $V_B(x,y)$ . Le vecteur  $V_{refm}$  est alors le vecteur  $V_B(x,y)$ .

30 Si VM est le vecteur  $V_B(x,y)$  et la valeur de l'information binaire à insérer est à zéro, le vecteur VM doit être rapproché du vecteur  $V_R(x,y)$ . Le vecteur  $V_{refm}$  est alors le vecteur  $V_R(x,y)$ .

Si VM est le vecteur  $V_B(x,y)$  et la valeur de l'information binaire à insérer est à un, le vecteur VM doit être rapproché du vecteur  $V_G(x,y)$ . Le vecteur  $V_{refm}$  est alors le vecteur  $V_{BG}(x,y)$ .

Le vecteur de référence de marquage déterminé, le processeur 100 passe à l'étape suivante E402.

A cette étape, le processeur 100 détermine la force de marquage F de l'information binaire à insérer.

5 Pour cela, le processeur 100 obtient la classe à laquelle appartient le vecteur déterminé à l'étape E208 pour la position courante.

En fonction de cette classe et du vecteur VM, le processeur 100 détermine par exemple à partir d'une table mémorisée en mémoire morte ROM 102 du dispositif de marquage 10 la force de marquage de l'information binaire.

10 Cette table est par exemple conforme à la table telle que représentée en Fig. 6.

La table de la Fig. 6 comporte cinq lignes notées 61 à 65.

La ligne 61 comporte, pour les différentes composantes de l'image, les forces de marquage associées à la classe 1 représentative de zones considérées comme uniformes.

15 La ligne 62 comporte, pour les différentes composantes de l'image, les forces de marquage associées à la classe 2 représentative de zones texturées selon une direction majoritairement horizontale.

La ligne 63 comporte, pour les différentes composantes de l'image, les valeurs représentatives des forces de marquage associées à la classe 3 représentative de zones texturées selon une direction majoritairement verticale.

20 La ligne 64 comporte, pour les différentes composantes de l'image, les valeurs représentatives des forces de marquage associées à la classe 4 représentative de zones texturées selon une direction majoritairement diagonale.

25 La ligne 65 comporte, pour les différentes composantes de l'image, les valeurs représentatives des forces de marquage associées à la classe 5 représentative de zones fortement texturées.

La table de la Fig. 6 comporte autant de colonnes qu'il existe de composantes de l'image en couleurs. Selon notre exemple, la table comporte trois colonnes notées 66 à 68.

30 La colonne 66 correspond selon notre exemple à la composante rouge de l'image à traiter et comprend pour chacune des classes de l'algorithme de la Fig. 2 une valeur représentative de la force de marquage pour la composante rouge.

La colonne 67 correspond selon notre exemple à la composante verte de l'image à traiter et comprend pour chacune des classes de l'algorithme de la Fig. 2 une valeur représentative de la force de marquage pour la composante verte.

5 La colonne 68 correspond selon notre exemple à la composante bleue de l'image à traiter et comprend pour chacune des classes de l'algorithme de la Fig. 2 une valeur représentative de la force de marquage pour la composante bleue.

Le processeur 100 détermine la composante de l'image à traiter. Cette composante est la composante du vecteur qui a été déterminé comme vecteur VM comportant la marque. Par exemple, si le vecteur  $V_B(x,y)$  a été déterminé à l'étape  
10 E309 de l'algorithme de la Fig. 3 comme vecteur VM comportant la marque, la composante déterminée est la composante bleue.

Le processeur 100 détermine ensuite, pour la composante déterminée, à quelle classe appartient la position en cours de traitement. Cette classe a été préalablement déterminée selon l'algorithme de la Fig. 2.

15 En fonction de la composante déterminée et de la classe à laquelle appartient la position en cours de traitement, le processeur 100 détermine ainsi la valeur de la force  $F$  de marquage à appliquer à cette position.

Il est à remarquer qu'en variante, les forces de marquage peuvent être identiques pour chacune des composantes.

20 La force de marquage peut aussi être déterminée en variante en déterminant à quelle classe appartient la position en cours de traitement pour les autres composantes. Le processeur 100, selon la présente variante, vérifie si les classes définies pour chacune des composantes à cette composante sont cohérentes.

Si par exemple à cette position, les vecteurs formés à l'étape E207 sont tous  
25 considérés comme appartenant à une classe identique, la valeur de la force de marquage est augmentée.

Si par contre, la composante déterminée est la seule des composantes considérée comme comprenant des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon au moins une direction, la valeur de la force de marquage  
30 est réduite.

Cette opération effectuée, le processeur 100 passe ensuite à l'étape suivante E403.

A cette étape, le processeur 100 détermine si la distance entre le vecteur VM comportant la marque et le vecteur référence de marquage  $V_{refm}$  est supérieure à la

distance entre le vecteur VM comportant la marque et le vecteur référence Vref1 ou Vref2 n'ayant pas été considéré comme vecteur référence de marquage.

Dans la négative, le processeur 100 passe à l'étape E405.

Si la distance entre le vecteur VM comportant la marque et le vecteur référence de marquage Vrefm est supérieure à la distance entre le vecteur VM comportant la marque et le vecteur référence Vref1 ou Vref2 n'ayant pas été considéré comme vecteur référence de marquage, le processeur 100 passe à l'étape E404.

A cette étape, le processeur 100 modifie le vecteur VM de manière à ce que la distance entre le vecteur VM comportant la marque et le vecteur référence de marquage Vrefm soit inférieure à la distance entre le vecteur VM comportant la marque et le vecteur référence Vref1 ou Vref2 n'ayant pas été considéré comme vecteur référence de marquage.

Cette modification est effectuée de telle façon à rendre la modification du vecteur VM minimale.

Cette opération effectuée, le processeur 100 passe à l'étape suivante E405.

A l'étape E405, le processeur 100 calcule le vecteur marqué Vwm selon la formule :

$$Vwm = Vrefm - (1-F) * (Vrefm - VM).$$

Il est à remarquer ici que le vecteur VM est le vecteur déterminé à l'étape E309 de l'algorithme de la Fig. 3 ou le vecteur VM déplacé à l'étape E403, F la force de marquage et Vrefm le vecteur référence de marquage.

Conformément aux valeurs indiquées dans le tableau de la Fig. 6, la force de marquage F varie entre des valeurs comprises entre zéro et un.

Lorsque la force de marquage est nulle, c'est-à-dire lorsque la position en cours de traitement est dans une zone considérée comme uniforme, le vecteur marqué est égal au vecteur VM. Aucune marque n'est insérée pour cette position.

En effet, l'insertion de marques dans des zones uniformes d'une image crée des perturbations visuellement discernables. L'algorithme selon l'invention n'insère donc aucune marque aux positions correspondantes aux zones uniformes.

Lorsque la force de marquage F est proche de l'unité, le vecteur VM comportant la marque est quasiment remplacé par le vecteur référence de marquage Vrefm.

Ce marquage est particulièrement robuste et résiste à tout traitement ultérieur tel qu'une compression de l'image. Ce marquage créé par contre des perturbations dans

l'image discernable. En effectuant un tel marquage lorsque l'insertion est effectuée dans une zone de l'image fortement texturée, le marquage reste néanmoins invisible pour l'œil.

5 Lorsque la force de marquage  $F$  est par exemple égale à un demi, le vecteur marqué  $V_{wm}$  est égal à la moyenne des deux vecteurs  $V_M$  et  $V_{refm}$ . Ceci permet un compromis correct entre la visibilité et la robustesse de la marque pour des zones texturées selon une direction privilégiée.

10 Il est à remarquer ici que la force de marquage appliquée sur la composante verte est, quelle que soit la classe à laquelle appartient la position en cours de traitement, inférieure à la moitié. En effet, la composante verte permet de mieux protéger une marque d'éventuelles attaques mais le système visuel humain est plus sensible aux variations dans cette composante.

15 Il est à remarquer ici que la force de marquage appliquée sur la composante rouge ou la composante bleue est supérieure à la moitié lorsque la classe à laquelle appartient la position en cours de traitement est une classe de texture. En effet, le système visuel humain est moins sensible aux variations dans ces composantes, la marque peut alors être insérée avec une force de marquage plus importante.

20 Le vecteur  $V_{wm}$  calculé, le processeur 100 passe à l'étape 406 et modifie les coefficients des sous-bandes de détails de la composante modifiée correspondants aux coordonnées du vecteur marqué  $V_{wm}$ .

Cette opération effectuée, le processeur 100 retourne à l'étape E311 de l'algorithme de la Fig. 3.

25 Il est à remarquer ici que le tatouage de l'image est effectué en insérant une information binaire à chaque position et l'algorithme de la Fig. 2 ne définit pas des zones qui doivent comporter la marque, mais il permet la détermination pour chaque position d'une image d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions et de définir une force de marquage à appliquer sur chaque position.

30 La Fig. 7 représente l'algorithme de détection d'une signature insérée dans une image selon l'algorithme de tatouage d'une marque selon la présente invention.

Le processeur 100 du dispositif 10 de détection d'une signature lit, à partir de la mémoire morte ROM 102, les instructions du programme correspondant aux étapes E700 à E716 de la Fig. 7 et les charge en mémoire vive 103 pour les exécuter.

A l'étape E700, le processeur 100 détermine, pour chaque position de l'image dans laquelle une marque a été tatouée, des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions. Cette étape correspond à l'algorithme de la Fig. 2 précédemment décrit. Elle ne sera pas plus explicitée.

5 Cette opération effectuée, le processeur 100 passe à l'étape suivante E701.

L'étape E701 ainsi que les étapes E702, E703 et E704 sont identiques respectivement aux étapes E300, E301, E302 et E303. Elles ne seront pas plus décrites.

10 Les décompositions en ondelettes ayant été effectuées, le processeur 100 passe à l'étape suivante E705.

A cette étape, le processeur 100 prend, pour chaque composante de l'image à traiter, le premier coefficient correspondant de chaque sous-bande de détails du dernier niveau de décomposition. Ces premiers coefficients correspondent à la première position (x,y) traitée.

15 A l'étape suivante E706, le processeur 100 forme, pour la position (x,y) des sous-bandes de détails du dernier niveau de décomposition, un vecteur pour chaque composante de l'image à traiter. Ces vecteurs, de dimension trois, ont comme coordonnées les valeurs des coefficients ondelettes hautes fréquences des sous-bandes de détails pour les composantes respectives de l'image. Cette étape est  
20 identique à l'étape E305 de la Fig. 3. Elle ne sera pas plus explicitée.

Les vecteurs formés, le processeur 100 passe à l'étape E707 et calcule pour la position (x,y) courante la distance euclidienne entre chacun des trois vecteurs déterminés à l'étape E706 pris deux à deux. Cette étape est identique à l'étape E306 de la Fig. 3. Elle ne sera pas plus explicitée.

25 Cette opération effectuée, le processeur 100 passe à l'étape E708 et détermine pour la position (x,y) courante la plus grande des distances calculées précédemment à l'étape E707.

30 A l'étape suivante E709, le processeur 100 détermine pour la position (x,y) courante, les vecteurs servant de référence Vref1 et Vref2 pour le marquage du vecteur à marquer. Ces vecteurs Vref1 et Vref2 sont les vecteurs séparés par la plus grande distance calculée à l'étape E708.

Cette opération effectuée, le processeur 100 passe à l'étape suivante E710 et détermine le vecteur VM qui a été utilisé pour le tatouage ainsi que le vecteur de référence de marquage noté Vrefm utilisé pour la modification du vecteur VM. Le



vecteur VM est le vecteur n'ayant pas été utilisé comme vecteur de référence à l'étape précédente. Le vecteur de référence de marquage Vrefm est déterminé en choisissant le vecteur, parmi les vecteurs de référence Vref1 et Vref2, qui est le plus proche de VM.

5 Cette opération effectuée, le processeur 100 détermine à l'étape E711 la classe déterminée pour la position courante à l'étape E700.

Pour cela, le processeur 100 détermine la classe à laquelle appartient le vecteur formé à l'étape E700 et ayant la même composante que le vecteur VM.

10 Cinq classes sont utilisées dans la présente invention, ces classes sont identiques aux classes 1, 2, 3, 4 et 5 explicitées précédemment en référence à la Fig. 2.

A l'étape suivante E712, le processeur 100 détermine la convention de marquage utilisée lors du tatouage de la marque dans l'image.

15 En effet et selon la présente invention, le marquage est effectué en modifiant le vecteur VM de manière à le rapprocher du vecteur de référence Vref1 ou Vref2 selon la valeur de l'information binaire à insérer.

Le processeur 100 déduit ainsi selon la convention utilisée si la valeur de l'information binaire insérée sur le vecteur VM est égale à un ou à zéro.

20 Cette opération effectuée, le processeur 100 mémorise à l'étape E713 la valeur de l'information binaire déterminée ainsi que la classe déterminée à l'étape précédente E711.

A l'étape suivante E714, le processeur 100 vérifie si chaque position des sous-bandes de détails a été traitée.

25 Dans la négative, le processeur 100 passe à l'étape E715 et prend pour chaque composante de l'image à traiter le coefficient suivant de chaque sous-bande de détails du dernier niveau de décomposition. Ces coefficients correspondent à la position suivante à traiter.

30 Cette opération effectuée, le processeur 100 retourne à l'étape E706 précédemment décrite et réitère les étapes E706 à E714 tant que toutes les positions des sous-bandes de détails ont été traitées.

Lorsque toutes les positions ont été traitées, le processeur 100 passe à l'étape E716.

A cette étape, le processeur 100 obtient une signature à partir des informations binaires mémorisées à l'étape précédente E713.

Lors du tatouage de la marque dans l'image, la signature S a été dupliquée de manière à ce qu'à chaque vecteur VM, une information binaire soit associée.

Connaissant la règle de duplication, le processeur 100 obtient au moins une partie des informations binaires insérées pour chaque bit de la signature et détermine  
5 pour chaque bit de la signature sa valeur moyenne.

En effet, seules les informations binaires qui ont été insérées à des positions correspondantes aux classes 2, 3, 4 et 5 sont utilisées pour le calcul de la valeur moyenne.

La classe 1 regroupe les positions de l'image non texturées. Lorsque des  
10 informations binaires sont insérées dans ces zones non texturées, elles le sont avec une force de marquage de faible valeur.

Compte tenu des manipulations qui peuvent être effectuées sur l'image comprenant la marque, le risque de détermination d'une information binaire erronée à cette position est important.

Afin de garantir une bonne détection de la signature, les informations binaires  
15 comprises ou susceptibles d'être comprises à ces positions ne sont donc pas prises en compte.

En variante, lors du calcul de la valeur moyenne de chaque bit de la signature, le processeur 100 pondère chaque information binaire par un facteur de confiance  
20 déterminé en fonction de la classe correspondant à la position à laquelle l'information binaire a été obtenue.

Selon cette variante, les informations binaires obtenues à des positions correspondantes à la classe 5 ont été insérées avec une force de marquage plus importante que les autres classes.

Compte tenu des manipulations qui peuvent être effectuées sur l'image comprenant la marque, le risque de détermination d'une information binaire erronée  
25 à des positions correspondantes à la classe 5 est faible.

Afin de garantir une meilleure détection de la signature, il est alloué lors du calcul des valeurs moyennes un poids plus important aux informations binaires  
30 obtenues à des positions correspondantes à la classe 5 qu'aux autres informations binaires.

Le processeur 100 calcule ensuite le taux de ressemblance entre la signature originale S dont il dispose et la signature obtenue S' à partir des valeurs moyennes précédemment calculées.

Le calcul du taux de vraisemblance  $cc(S, S')$  est par exemple de la forme :

$$Cc(S, S') = \frac{\sum S(x, y) * S'(x, y)}{\sqrt{\sum S^2(x, y)} \sqrt{\sum S'^2(x, y)}}$$

5 Le processeur 100, en fonction de la corrélation ainsi calculée, détermine si la signature détectée correspond ou non à la signature originale.

Si le taux de vraisemblance est supérieur à un seuil prédéterminé égal, par exemple à la valeur numérique 0,7, la signature détectée correspond alors à la signature originale.

10 A la fin de cette étape, le processeur 100 retourne à l'étape E700 et attend une image à traiter.

Bien entendu, la présente invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits ici, mais englobe, bien au contraire, toute variante à la portée de l'homme du métier.

## REVENDICATIONS

1) Procédé de tatouage d'une marque composée d'une pluralité d'informations binaires dans une image comprenant au moins trois composantes, caractérisé en ce que le procédé comporte les étapes de :

- 5       - décomposition (E201) d'au moins une composante de l'image en sous-bandes de détails selon différentes directions et comprenant des coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude,
- 10       - détermination, (E204) pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à partir des amplitudes des coefficients à la position dans les différentes sous-bandes de détails et des coefficients proches de la position dans les différentes sous-bandes de détails,
- 15       - détermination (E402) d'une force de marquage à chaque position à partir des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions déterminées pour la position,
- 20       - formation (E305), pour chaque position et pour chaque composante, d'un vecteur dont les coordonnées sont les amplitudes des coefficients à la position dans les différentes sous bandes de détails de la composante,
- sélection (E309), pour chaque position, d'un vecteur parmi les vecteurs formés pour la position,
- tatouage (E310) de la marque dans l'image en modifiant, pour chaque position, l'amplitude des coefficients qui sont les coordonnées du vecteur sélectionné pour la position en fonction de l'information binaire correspondant à la position et selon la force de marquage déterminée pour la position.

25       2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque composante de l'image est décomposée en sous-bandes de détails selon différentes directions, les informations représentatives de variations d'amplitudes sont déterminées pour chaque composante et pour chaque position, la force de marquage est déterminée à chaque position de chaque composante.

3) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'étape de détermination des informations représentatives de variations d'amplitudes locales pour chaque composante et pour chaque position se décompose en sous étapes de :

- mise au carré de (E203) l'amplitude de chaque coefficient de chaque sous-bande de détails de chaque composante,
- calcul (E204) d'une valeur médiane à partir des amplitudes mises au carré du coefficient et des coefficients proches du coefficient, pour chaque coefficient de chaque sous-bande de détails de chaque composante.

4) Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape de détermination de la force de marquage à chaque position de chaque composante se décompose en sous étapes de :

- formation d'un vecteur dont les coordonnées sont les valeurs médianes calculées dans chaque sous-bande de détails,
- groupement des vecteurs dont les coordonnées sont similaires dans des classes prédéterminées,
- affectation d'une force de marquage à chaque position en fonction de la classe prédéterminée à laquelle appartient le vecteur de la position.

5) Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les classes prédéterminées sont la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones ne comportant pas de variations et/ou la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement horizontales, et/ou la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement verticales et/ou la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image comportant des variations majoritairement diagonales, et/ou la classe regroupant les vecteurs représentatifs de zones de l'image très fortement texturées et sans direction privilégiée.

6) Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que la force de marquage est en outre affectée (E406) en fonction de la composante de l'image et en ce que la décomposition est une décomposition en ondelettes de Haar.

7) Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que lors de l'étape de tatouage de la marque chaque composante de l'image est décomposée, selon une autre décomposition en sous-bandes (E301), en sous-bandes comprenant des coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande à laquelle il appartient et son amplitude et en ce que le procédé comporte en outre une étape de reconstruction (E313) de l'image à partir des coefficients des sous-bandes et des coefficients dont les amplitudes ont été modifiées.

8) Procédé de détection d'une signature insérée dans une image comprenant au moins trois composantes, caractérisé en ce que le procédé comporte les étapes de :

- décomposition d'au moins une composante de l'image en sous-bandes de détails selon différentes directions et comprenant des coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude,
- détermination, pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à partir des amplitudes des coefficients à cette position dans les différentes sous-bandes de détails et des coefficients proches de cette position dans les différentes sous-bandes de détails,
- détection de la signature à partir d'au moins une partie d'informations binaires insérées en une pluralité de positions de l'image et des informations représentatives des variations d'amplitudes locales selon différentes directions correspondantes aux positions des informations binaires.

9) Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les informations binaires utilisées pour la détection sont les informations binaires comprises à des positions de l'image pour lesquelles les informations représentatives des variations d'amplitudes locales selon différentes directions correspondent à des informations représentatives des variations d'amplitudes locales prédéterminées.

10) Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que des pondérations sont affectées à au moins une partie des informations binaires, les pondérations étant affectées en fonction des informations représentatives des variations d'amplitudes aux positions correspondantes aux positions des informations binaires.

11) Dispositif de tatouage d'une marque composée d'une pluralité d'informations binaires dans une image comprenant au moins trois composantes, caractérisé en ce que le dispositif comporte :

- des moyens de décomposition d'au moins une composante de l'image en sous bandes de détails selon différentes directions et comprenant des coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude,
- des moyens de détermination, pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à partir des amplitudes des coefficients à la position dans les différentes sous-bandes de détails et des coefficients proches de la position dans les différentes sous-bandes de détails,
- des moyens de détermination d'une force de marquage à chaque position à partir des informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions déterminées pour la position,
- des moyens de formation, pour chaque position et pour chaque composante, d'un vecteur dont les coordonnées sont les amplitudes des coefficients à la position dans les différentes sous bandes de détails de la composante,
- des moyens de sélection, pour chaque position, d'un vecteur parmi les vecteurs formés pour la position,
- des moyens de tatouage de la marque dans l'image en modifiant, pour chaque position, l'amplitude des coefficients qui sont les coordonnées du vecteur sélectionné pour la position en fonction de l'information binaire correspondant à la position et selon la force de marquage déterminée pour la position.

25

12) Dispositif de détection d'une signature insérée dans une image comprenant au moins trois composantes, caractérisé en ce que le dispositif comporte :

- des moyens de décomposition d'au moins une composante de l'image en sous bandes de détails selon différentes directions et comprenant des coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude,
- des moyens de détermination, pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales selon différentes directions à partir

30

des amplitudes des coefficients à cette position dans les différentes sous-bandes de détails et des coefficients proches de cette position dans les différentes sous-bandes de détails,

- des moyens de détection de la signature à partir d'au moins une partie
- 5 d'informations binaires insérées en une pluralité de positions de l'image et des informations représentatives des variations d'amplitudes locales selon différentes directions correspondantes aux positions des informations binaires.

- 10 13) Programme d'ordinateur stocké sur un support d'informations, ledit programme comportant des instructions permettant de mettre en œuvre le procédé de tatouage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, lorsqu'il est chargé et exécuté par un système informatique.

- 15 14) Programme d'ordinateur stocké sur un support d'informations, ledit programme comportant des instructions permettant de mettre en œuvre le procédé de détection selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, lorsqu'il est chargé et exécuté par un système informatique.

- 20 15) Support d'informations, caractérisé en ce que ledit support d'informations comporte au moins une image tatouée selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.



## ABREGE

L'invention concerne un procédé de tatouage d'une marque dans une image comprenant au moins trois composantes, le procédé comporte les étapes de décomposition d'au moins une composante de l'image en sous-bandes de détails selon différentes directions et comprenant des coefficients, chaque coefficient étant caractérisé par sa position dans la sous-bande de détails à laquelle il appartient et son amplitude, de détermination, pour chaque position, d'informations représentatives de variations d'amplitudes locales à partir des amplitudes des coefficients à cette position dans les différentes sous-bandes de détails et des coefficients proches de cette position dans les différentes sous-bandes de détails, de détermination d'une force de marquage à chaque position à partir des informations représentatives de variations d'amplitudes locales déterminées de ladite position et de tatouage d'une marque composée d'une pluralité d'informations binaires dans l'image, en insérant chaque information binaire à une position de l'image selon la force de marquage déterminée pour une position correspondante à la position à laquelle est insérée l'information binaire.

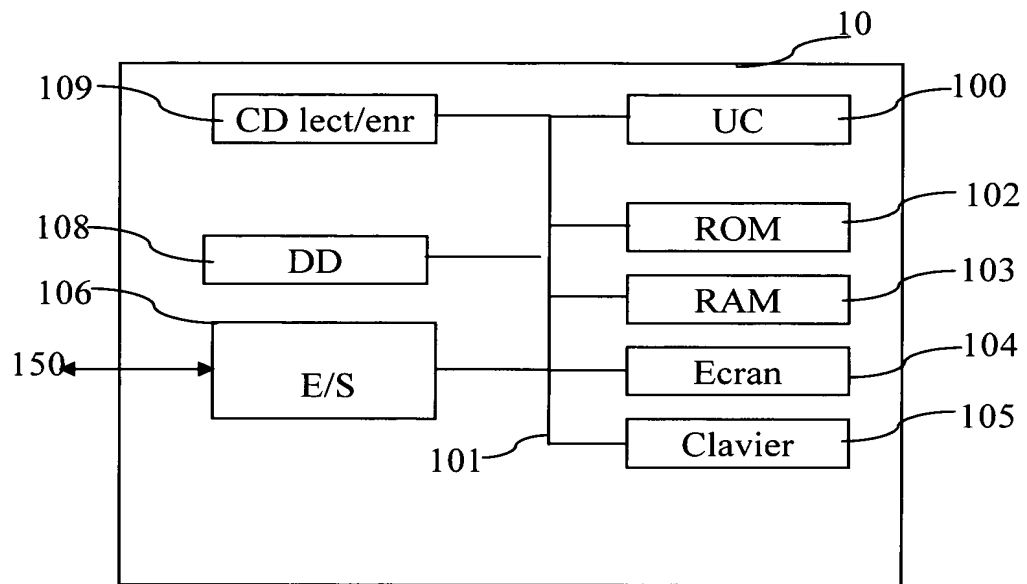


Fig.1

2/6

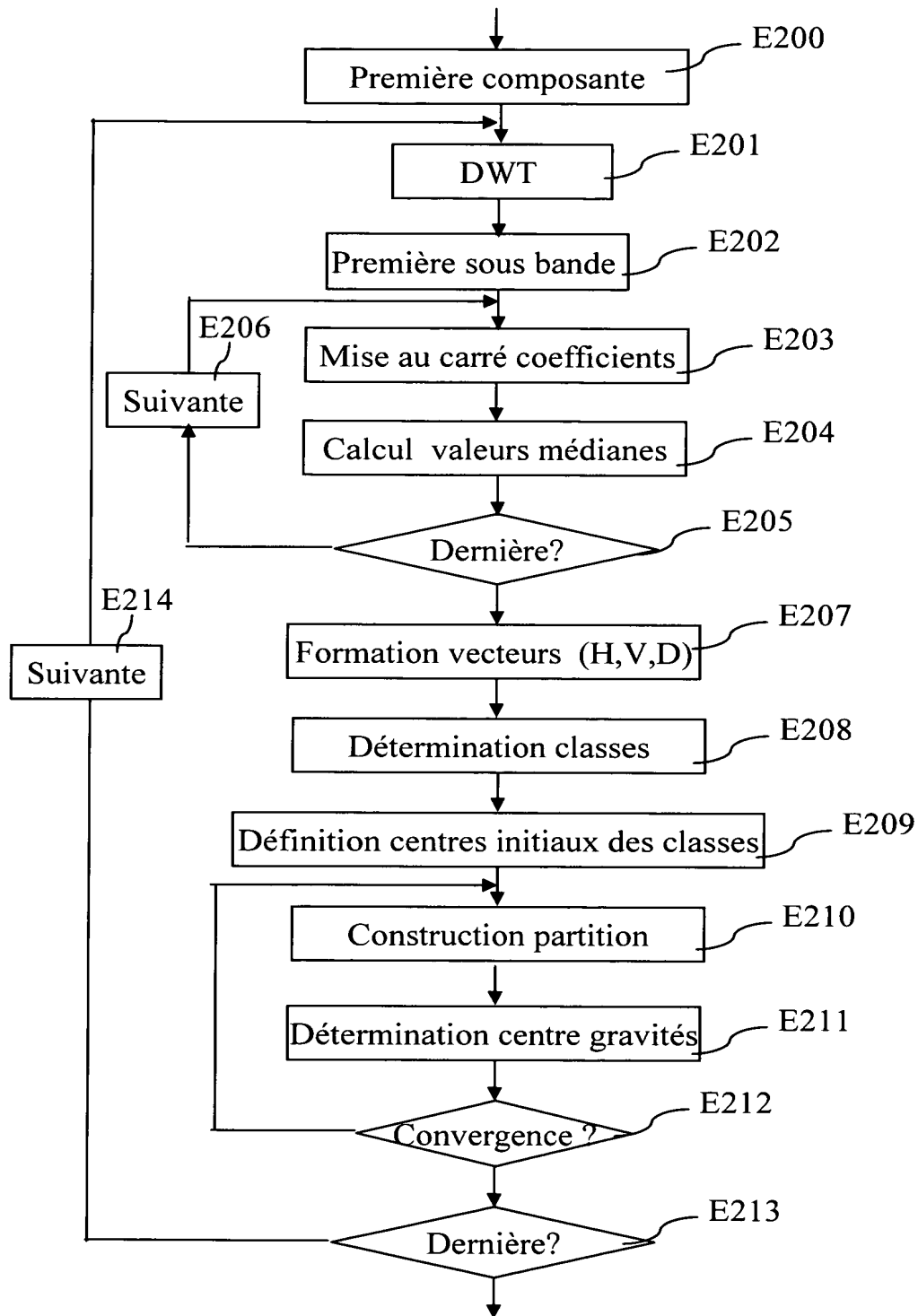


Fig.2

3/6

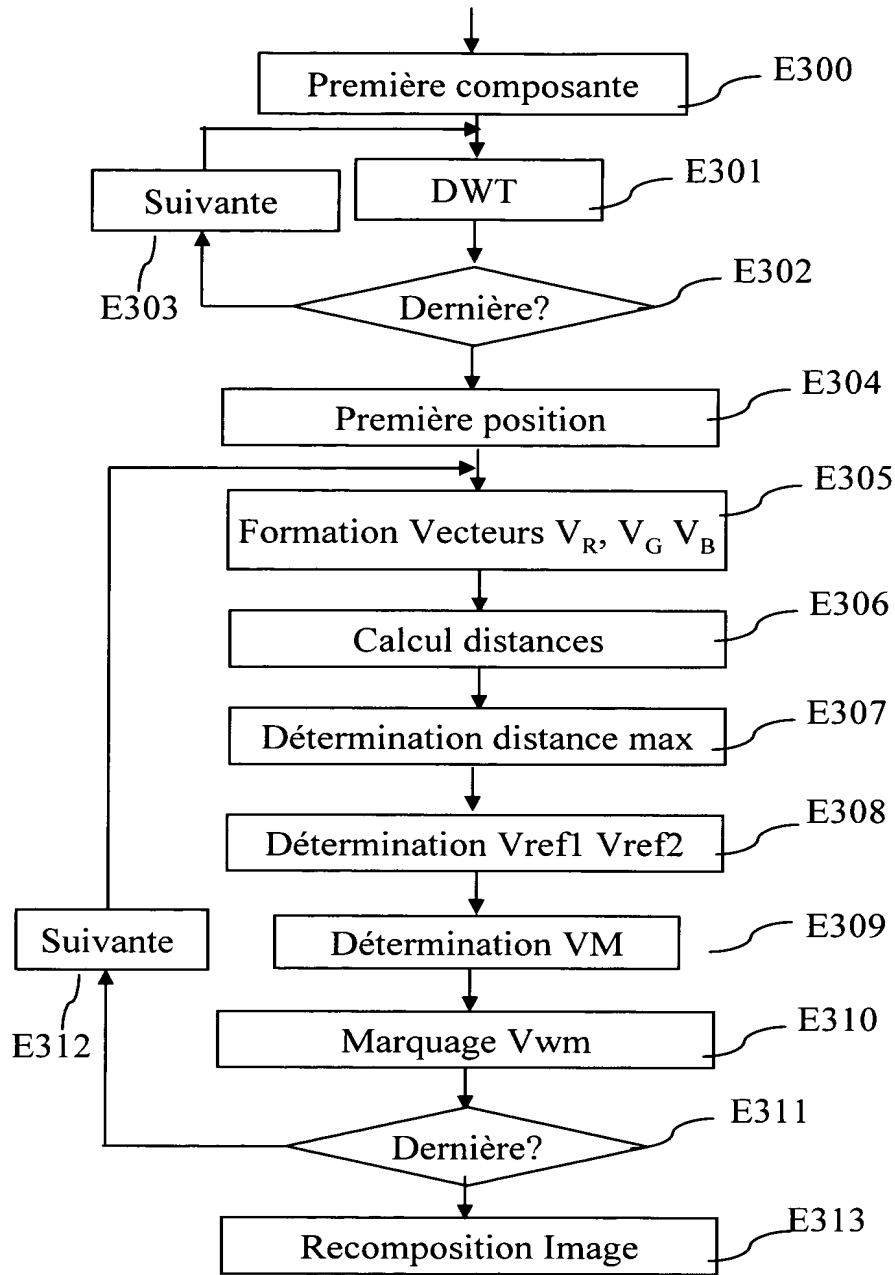


Fig.3

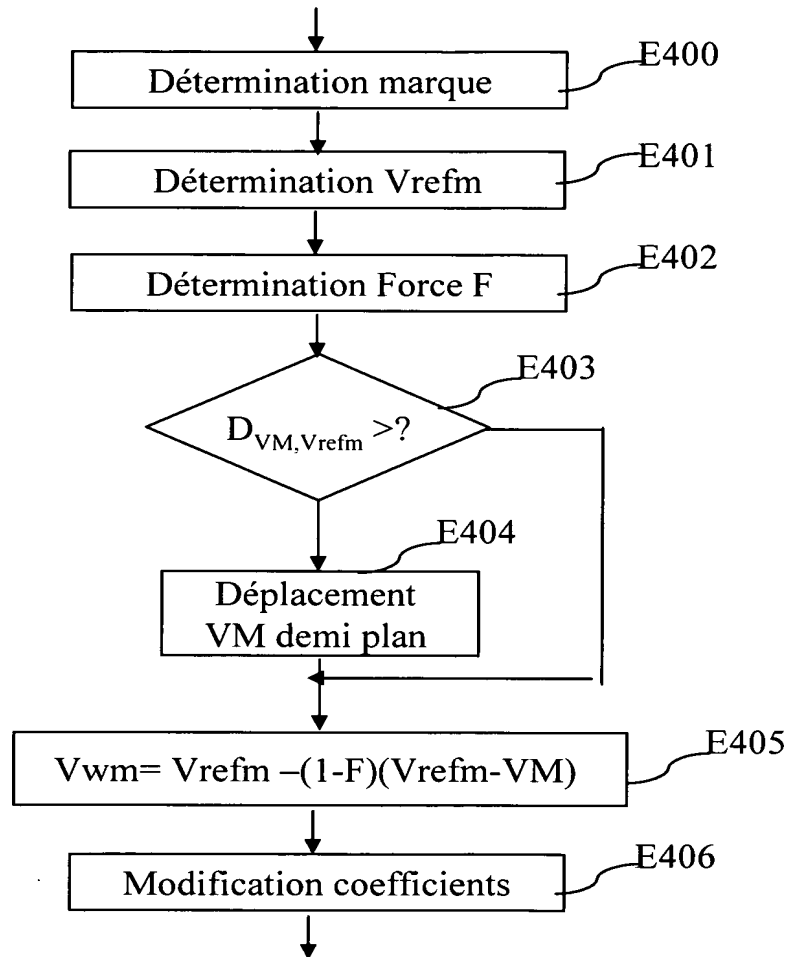


Fig.4

5/6

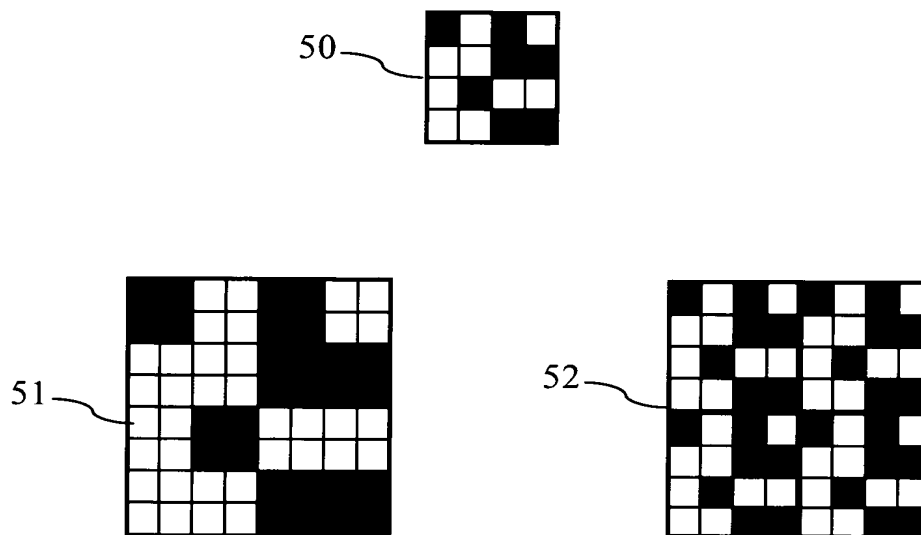


Fig.5

		66	67	68
61	Classe/comp	R	V	B
62	1	0	0	0
63	2	0,7	0,4	0,7
64	3	0,7	0,4	0,7
65	4	0,7	0,4	0,7
5	5	0,9	0,5	0,9

Fig.6

6/6

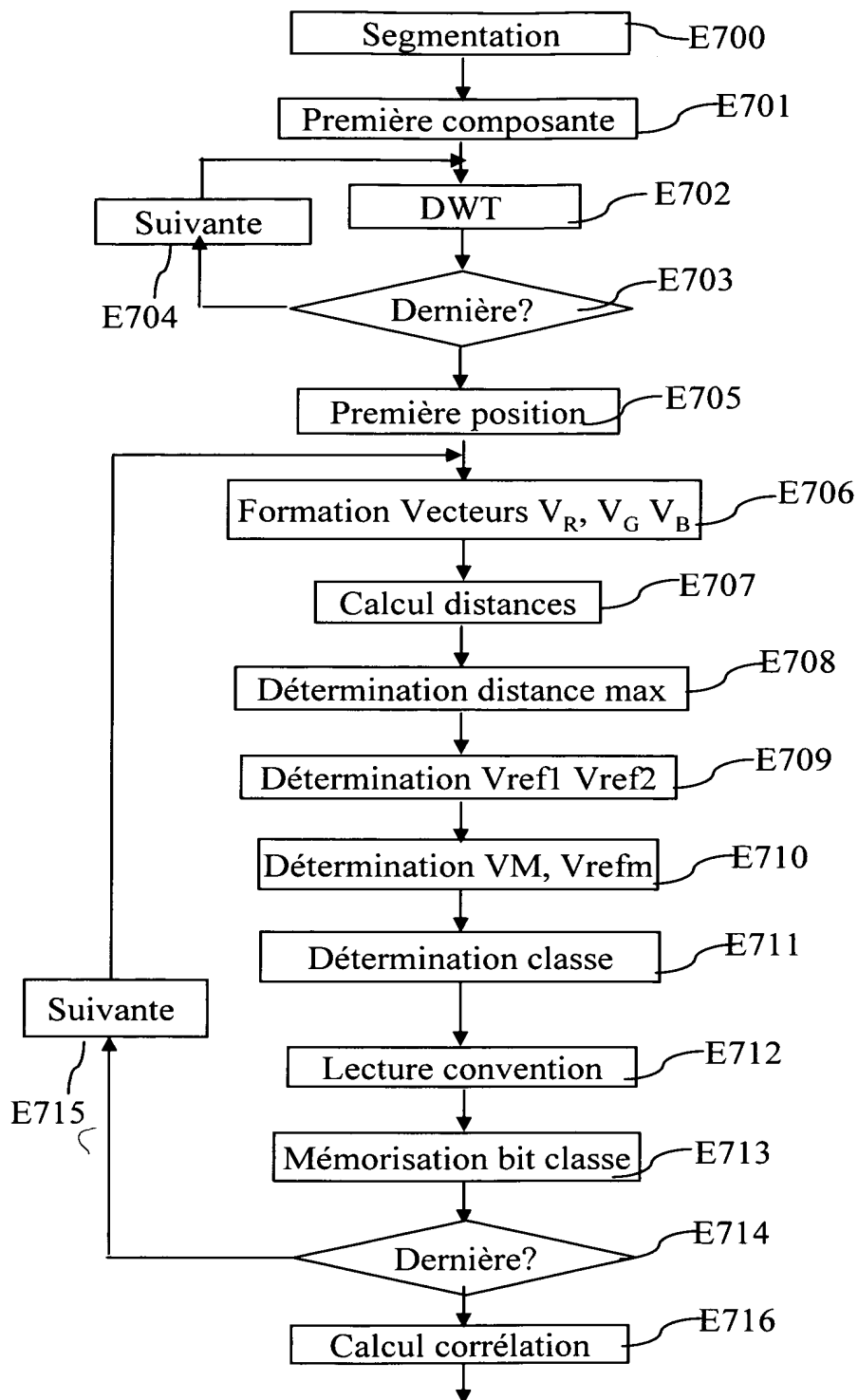


Fig.7

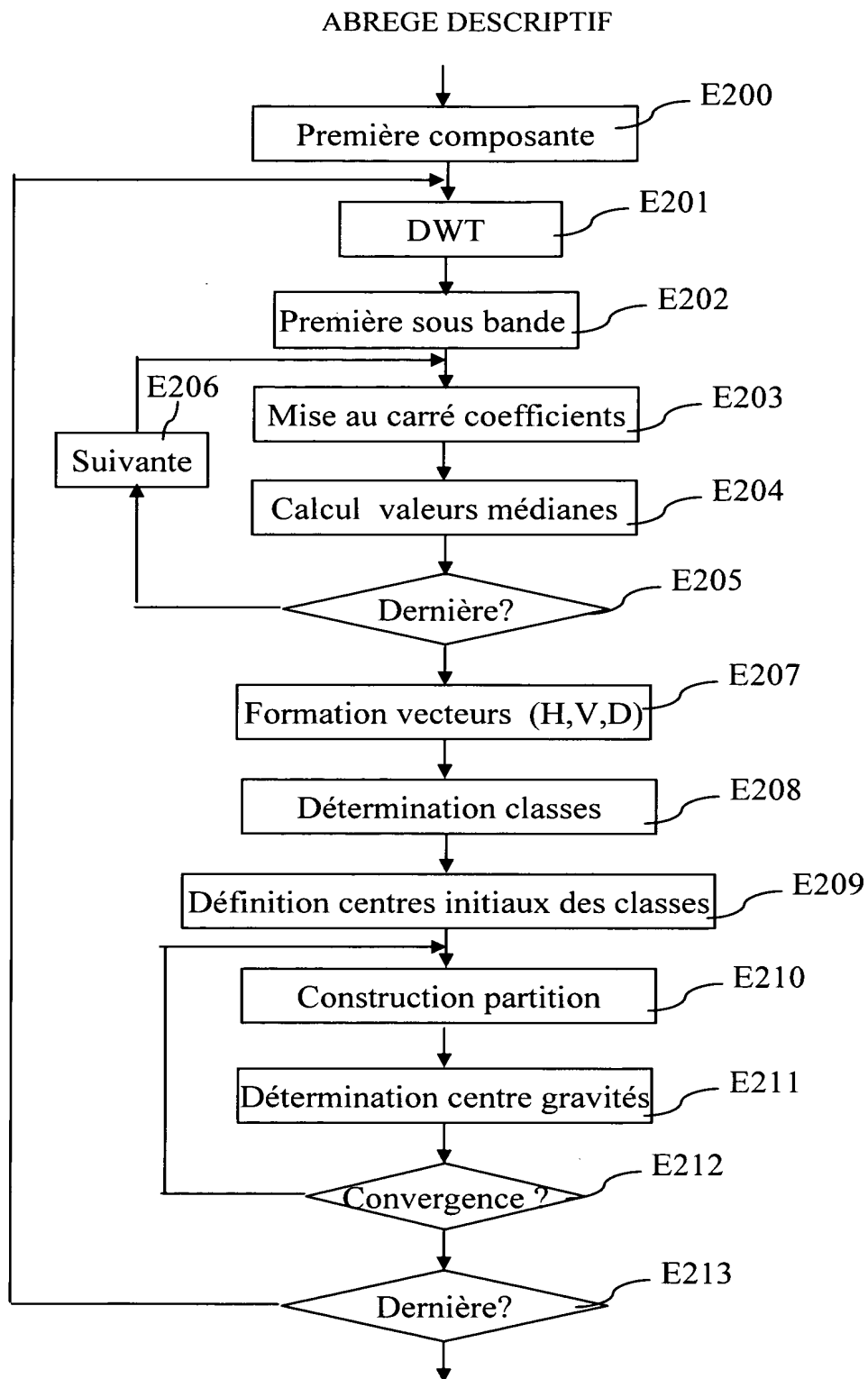


Fig.2